

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

RECEIVED

05 JAN 2005

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 52 932.2

**Anmeldetag:**

11. November 2003

**Anmelder/Inhaber:**EADS Deutschland GmbH, 85521 Ottobrunn/DE;  
Aluminium-Rheinfelden GmbH,  
79618 Rheinfelden/DE.**Bezeichnung:**

Aluminium-Gusslegierung

**IPC:**

C 22 C 21/06

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 17. November 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
Der Präsident  
Im Auftrag

Stanschus

BEST AVAILABLE COPY

## Aluminium-Gusslegierung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Aluminium-Gusslegierung, die insbesondere für thermisch hochbelastete Gussteile geeignet ist. Durch Verwendung der erfindungsgemäßen Aluminium-Gusslegierung wird die Leistungsfähigkeit daraus hergestellter Gussteile erheblich verbessert, wobei deren thermische Stabilität bis zu Temperaturen von 400 °C gewährleistet ist.

Mit modernen Gießverfahren, wie beispielsweise dem Druckguss-, Sandguss-, Kokillengussverfahren oder dem Thixo- und Rheocasting, die technisch sehr weit entwickelt sind, können heute hochbelastbare Gussteile aus Aluminium-Legierungen hergestellt werden.

Mittels Druckguss werden zum Beispiel Gussteile mit hohen Qualitätsansprüchen hergestellt. Die Qualität eines Druckgussteils hängt aber nicht nur von der Maschineneinstellung und dem gewählten Verfahren ab, sondern in hohem Maße auch von der chemischen Zusammensetzung und der Gefügestruktur der verwendeten Gusslegierung. Diese beiden letztgenannten Parameter beeinflussen bekanntermaßen die Gießbarkeit, das Speisungsverhalten, die mechanischen Eigenschaften und, im Druckguss ganz besonders wichtig, die Lebensdauer der Gießwerkzeuge.

Somit steht in der Automobil- und Flugzeugkonstruktionstechnik die Legierungsentwicklung an sich wieder stärker im Vordergrund, um durch spezielle Legierungszusammensetzungen die gewünschten Eigenschaften der Bauteile zu erzielen.

Aus dem Stand der Technik sind eine Vielzahl von Zusammensetzungen für Aluminium-Gusslegierungen bekannt.

EP 0 687 742 A1 offenbart zum Beispiel eine Druckgusslegierung auf Aluminium-Silizium-Basis, die 9,5 – 11,5 Gew.-% Silizium, 0,1 – 0,5 Gew.-% Magnesium, 0,5 – 0,8 Gew.-% Mangan, max. 0,15 Gew.-% Eisen, max. 0,03 Gew.-% Kupfer, max. 0,10 Zink, max. 0,15 Gew.-% Titan sowie als Rest Aluminium und Dauerveredlung 30 bis 300 ppm Strontium enthält.

Aus EP 0 792 380 A1 ist eine Aluminiumlegierung bekannt, die aus 5,4 – 5,8 Gew.-% Magnesium, 1,8 – 2,5 Gew.-% Silizium, 0,5 – 0,9 Gew.-% Mangan, max. 0,2 Gew.-% Titan, max. 0,15 Gew.-% Eisen, sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-% besteht, die insbesondere für das Thixocasting oder Thixoschmieden geeignet ist.

Ferner ist aus EP 1 229 141 A1 eine Aluminium-Gusslegierung bekannt, die vor allem für den Kokillenguss und den Sandguss geeignet ist, und zumindest 0,05 – 0,5 Gew.-% Mangan, 0,2 – 1,0 Gew.-% Magnesium, 4 – 7 Gew.-% Zink und 0,15 – 0,45 Gew.-% Chrom enthält.

Diese Aluminium-Gusslegierungen sind jedoch hauptsächlich für sicherheitsrelevante Fahrzeugkomponenten, wie beispielsweise Lenker, Träger, Rahmentteile und Räder, konzipiert, bei denen primär eine hohe Bruchdehnung im Vordergrund steht. Für thermische Belastungen bis zu 400 °C sind diese Legierungen nicht geeignet. Die klassischen Aluminium-Gusswerkstoffe sind nur bis ca. 200 °C thermisch stabil.

Zudem ist aus dem Artikel von Feikus et. al „Optimierung einer AlSi-Gußlegierung und anwendungsorientierte Entwicklung der Gießtechnik zu Herstellung hochbelastbarer Motorblöcke“, Giesserei 88 (2001), Nr. 11, Seite 25 – 32, eine speziell für Motorgussteile konzipierte AlSi7MgCuNiFe-Legierung bekannt.

Daneben sind aus der WO A-96/10099 Aluminium-Legierungen mit Scandium zur Erhöhung der Festigkeit bekannt. Die hohe Festigkeit ergibt sich durch eine Warmauslagerung nach Lösungsglühen und Abschrecken mit Wasser. Von Nachteil ist, dass es beim Lösungsglühen in der Regel zu einem Verzug kommt, der durch zusätzliche Maßnahmen bzw. Arbeitsschritte (Nachmessen und Richten) korrigiert werden muss.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Aluminium-Gusslegierung zu entwickeln, die für thermisch hochbelastete Gussteile geeignet ist. Die Warmfestigkeit, d.h. die thermische Stabilität der mechanischen Eigenschaften, soll dabei bis zu Temperaturen von 400 °C gewährleistet sein. Darüber hinaus soll die erfindungsgemäße Aluminium-Gusslegierung eine gute Schweißbarkeit aufweisen und sich mit einer Vielzahl von Verfahren bei guter Gießbarkeit herstellen lassen.

Die Aufgabe wird durch eine Aluminium-Gusslegierung gelöst, die zumindest aus

- 1,0 – 8,0 Gew.-% Magnesium (Mg),
- > 1,0 – 4,0 Gew.-% Silizium (Si),
- 0,01 – < 0,5 Gew.-% Scandium (Sc),
- 0,005 – 0,2 Gew.-% Titan (Ti),
- 0 – 0,5 Gew.-% eines Elementes oder einer Elementengruppe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Zirkon (Zr), Hafnium (Hf), Molybdän (Mo), Terbium (Tb), Niob (Nb), Gadolinium (Gd), Erbium (Er) und Vanadium (V),
- 0 – 0,8 Gew.-% Mangan (Mn),
- 0 – 0,3 Gew.-% Chrom (Cr),
- 0 – 1,0 Gew.-% Kupfer (Cu),
- 0 – 0,1 Gew.-% Zink (Zn),
- 0 – 0,6 Gew.-% Eisen (Fe),
- 0 – 0,004 Gew.-% Beryllium (Be),

Rest Aluminium und weiteren Verunreinigungen mit einzeln max. 0,1 Gew.-% und insgesamt max. 0,5 Gew.-% besteht.

Der Magnesiumgehalt liegt dabei bevorzugt zwischen 2 – 7 Gew.-% und besonders bevorzugt zwischen 3 – 6 Gew.-%.

Vorteilhaft ist ein Siliziumgehalt von 1,1 – 4,0 Gew.-%. Besonders vorteilhaft ist ein Siliziumgehalt von 1,1 – 3,0 Gew.-%.

Wesentlich ist die Zugabe von Scandium. Das Scandium bewirkt neben einer intensiven Teilchenhärtung durch die thermisch sehr stabilen  $\text{Al}_3\text{Sc}$ -Teilchen eine Kornfeinung des Gussgefüges und eine Rekristallisationshemmung. Gussteile, die aus der erfindungsgemäßen Legierung hergestellt sind, haben somit den Vorteil, dass ihre mechanischen Eigenschaften bis zu Temperaturen von 400 °C stabil sind. Die erfindungsgemäße Gusslegierung ist damit vor allem für thermisch hochbelastete Gussteile prädestiniert. Ferner ist es von Vorteil, dass durch die hohe Warmfestigkeit ein Ersatz von Aluminiumwerkstoffen durch Werkstoffe mit hoher Dichte nicht erforderlich ist. Durch die Verwendung der erfindungsgemäßen Legierung wird das Bauteilgewicht bei erhöhter Leitungsfähigkeit garantiert bzw. kann sogar durch dünnwandigere Gussteile reduziert werden. Ein weiterer Vorteil ist, dass durch den Scandiumanteil auch die Schweißbarkeit verbessert wird. Bevorzugt liegt der Scandiumgehalt zwischen 0,01 – 0,45 Gew.-%. Besonders bevorzugt ist ein Scandiumgehalt von 0,015 – 0,4 Gew.-%.

Wie Scandium bewirkt auch Titan eine Kornfeinung und trägt damit in entsprechender Weise zur Verbesserung der Warmfestigkeit bei. Daneben senkt Titan die elektrische Leitfähigkeit. Vorzugsweise beträgt der Titangehalt 0,01 – 0,2 Gew.-%, insbesondere 0,05 – 0,15 Gew.-%.



Da Zirkon die gleiche Wirkung wie Scandium bzw. Titan hat, ist es ferner vorteilhaft, der Legierung zusätzlich Zirkon beizumengen. Der Effekt des Scandiums, eine intensive Teilchenhärtung durch die thermisch sehr stabilen  $\text{Al}_3\text{Sc}$ -Teilchen, eine Kornfeinung des Gefüges sowie eine Rekristallisationshemmung zu bewirken, wird durch die kombinierte Wirkung von Scandium und Zirkon noch erhöht. Zirkon substituiert Sc-Atome und bildet Teilchen der ternären Verbindung  $\text{Al}_3(\text{Sc}_{1-x}\text{Zr}_x)$ , die weniger zur Koagulation bei höheren Temperaturen neigen als die  $\text{Al}_3\text{Sc}$ -Teilchen. Somit wird durch die Bestandteile Scandium und Zirkon die Warmfestigkeit der Legierung im Vergleich zu einer Legierung, die nur Scandium enthält, nochmals verbessert. Damit ist eine weitere Optimierung in Richtung geringerer Scandiumgehalte zur Kostensenkung möglich. Der Zirkongehalt bevorzugter Ausführungsformen liegt zwischen 0,01 – 0,3 Gew.-% bzw. 0,05 – 0,1 Gew.-%.

Neben der Erhöhung der Warmfestigkeit durch die Zugabe von Scandium, Titan und gegebenenfalls Zirkon, besteht zudem der Vorteil, dass die erfindungsgemäße Aluminium-Gusslegierung bereits im Gusszustand die warmfestigkeitssteigernde Wirkung aufweist. Durch eine nachfolgende Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von typischerweise 250 – 400 °C werden die mechanischen Eigenschaften mit entsprechender Warmfestigkeit abschließend erzielt. Durch geeignete Wahl von Temperatur und Zeitdauer, wobei die Zeitdauer bekanntlich von der Bauteilgröße bzw. -dicke abhängt, kann die Warmfestigkeit entsprechend variiert werden. Ein Lösungsglühen mit anschließender Warmauslagerung ist nicht erforderlich, was insofern vorteilhaft ist, da somit das Problem des Verzuges, was in der Regel ein Nachmessen und Richten nach sich zieht und bekanntlich bei den klassischen, lösungsgeglühten und warmausgelagerten Aluminium-Gusslegierungen auftritt, keine Rolle spielt.

Zusätzlich zum Zirkon oder auch anstelle des Zirkons können der Legierung Hafnium, Molybdän, Terbium, Niob, Gadolinium, Erbium und/oder Vanadium beigegeben werden. Gemäß einer alternativen Ausführungsform enthält die Legierung ein

oder mehrere Elemente ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Zirkon, Hafnium, Molybdän, Terbium, Niob, Gadolinium, Erbium und Vanadium. Dabei beträgt die Summe der ausgewählten Elemente maximal 0,5 Gew.-%, vorzugsweise jedoch 0,01 - 0,3 Gew.-%.

5

Besonders vorteilhaft ist jedoch, wenn die Legierung mindestens 0,001 Gew.-%, bevorzugt mindestens 0,008 Gew.-% Vanadium enthält. Vanadium wirkt als Kornfeiner ähnlich wie Titan. Zudem verbessert es die Schweißbarkeit und verringert die Verkrätzungsneigung der Schmelze.

Gemäß einer weiteren alternativen Ausführungsform enthält die Legierung mindestens 0,001 Gew.-% Gadolinium.

Für die weiteren optionalen Legierungsbestandteile Chrom, Kupfer und Zink werden die folgenden Gehaltsbereiche bevorzugt:

15

Chrom: 0,001 – 0,3 Gew.-%, insbesondere 0,0015 – 0,2 Gew.-%

Kupfer: 0,001 – 1,0 Gew.-%, insbesondere 0,5 – 1,0 Gew.-%

Zink: 0,001 – 0,1 Gew.-%, insbesondere 0,001 – 0,05 Gew.-%.

20

Durch die Zugabe von Eisen und/oder Mangan wird bekanntlich die Klebewirkung vermindert. Bevorzugt wird ein Mangangehalt von maximal 0,01 Gew.-% und ein Eisengehalt von 0,05 – 0,6 Gew.-%, insbesondere 0,05 – 0,2 Gew.-% verwendet. Der technische Eisengehalt liegt typischerweise bei mindestens 0,12 Gew.-%. Allerdings ist die Zugabe von Eisen und/oder Mangan beim Kokillen- und Sandguss nicht unbedingt erforderlich.

25

Beim Druckgussverfahren ist das anders. Hier ist eine Zugabe von Eisen und/oder Mangan erforderlich, um die Klebewirkung des Druckgussteils in der Form zu vermindern. Bei Aluminium-Gusslegierung für den Druckguss liegt der Mangange-

30

halt bevorzugt zwischen 0,4 - 0,8 Gew.-%. Zudem sollte die Summe aus Mangan- und Eisengehalt mindestens 0,8 Gew.-% betragen. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Druckgusslegierung entweder nur Eisen oder nur Mangan enthält.

5

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der erfindungsgemäßen Aluminium-Gusslegierung sowie deren Eigenschaften ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele.



### Beispiele:

15

Aus drei verschiedenen Legierungen wurden mittels der Diezstabkokille Probenstäbe zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften gegossen. Die erste Legierung enthält neben Scandium und Titan auch Zirkon. Die zweite Legierung weist einen höheren Scandiumgehalt als die erste Legierung auf, enthält aber kein Zirkon. Die dritte Legierung ist eine Variante mit höherem Magnesium- und Siliziumgehalt.

20

Zudem wurde eine vierte Legierung mittels Druckguß hergestellt, die auch Kupfer enthält. Diese Legierung wurde in einem 200 kg-elektrobeheizten Tiegelofen erschmolzen. Die Gießtemperatur betrug 700 °C. Es wurde auf einer 400 t (Zughaltekraft) Druckgussmaschine gegossen. Als Probenform diente eine Platte mit den Massen 220 x 60 x 3 mm. Aus den Platten wurden Probestäbe für Zugversuche entnommen. Die Probestäbe waren nur auf den Schmalseiten bearbeitet.

25

Zu Vergleichszwecken wurde ferner eine Referenzlegierung (Legierung 5), die weder Scandium noch Zirkon enthält, verwendet. Diese Legierung wurde ebenfalls mittels Diezstabkokille gegossen. Die jeweiligen Legierungszusammensetzungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst.

30



Tabelle 1: Legierungszusammensetzungen

Legie- rung	Zusammensetzung (Gew.-%)										
	Si	Cu	Fe	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	V	Zr	Sc
1	1,11	0	0,065	0,1	3,09	0,001	0,002	0,149	0,036	0,076	0,15
2	1,11	0	0,066	0,103	3,34	0,001	0,005	0,122	0,033	0	0,4
3	2,49	0	0,08	0,06	5,6	0	0	0,118	0,19	0,08	0,15
4	2,35	0,001	0,078	0,69	5,59	0,001	0,001	0,1	0,044	0,06	0,17
5 (Ref.)	1,1	0	0,081	0,004	3,036	0,001	0,003	0,129	0,03	0	0

- 5 Die mechanischen Eigenschaften der verschiedenen mittels Diezstabkokille gegossenen erfindungsgemäßen Legierungen wurden im Gusszustand, nach 3-stündiger Wärmebehandlung bei 300 °C und anschließend unter verschiedenen thermischen Belastungen (200 °C/500h, 250 °C/500h, 350 °C/500h und 400 °C/500h), zum Ermitteln der thermischen Stabilität, gemessen. Die mechanischen
- 10 Eigenschaften der Legierung 4 (Druckgusslegierung) wurden lediglich im Gusszustand und nach 1-stündiger, 300 °C - Wärmebehandlung gemessen. Die Referenzlegierung wurde einem herkömmlichen Hochtemperaturglühen unterzogen. Die Referenzlegierung wurde bei 540 °C für 12h lösungsgeglüht, anschließend mit
- 15 Wasser abgeschreckt und dann bei 165 °C für 6h warmausgelagert. Die Messergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst, wobei Rp0.2 die Dehngrenze in MPa, Rm die Zugfestigkeit in MPa und A5 die Bruchdehnung in % ist.

Die Versuche zeigen, dass die erfindungsgemäße Legierung bereits im Gusszustand gute mechanische Eigenschaften aufweist. Durch eine Wärmebehandlung

20 (hier 300 °C für 3h bzw. 300 °C für 1h) werden die mechanischen Eigenschaften weiter erhöht, was auf Teilchenhärtung durch Entmischung aus dem übersättigten Mischkristall bei „Warmauslagerung“, also Bildung von Sekundärausscheidungen  $Al_3(Sc_{1-x}, Zr_x)$  zurückzuführen ist. Außerdem ist die thermische Stabilität der

Legierungen 1 - 3 bis zu Temperaturen von 400 °C gut zu erkennen. Insbesondere die Werte für die Dehngrenze und die Zugfestigkeit sind bis zu Temperaturen von 400 °C recht hoch. Vergleicht man die Messwerte der Referenzlegierung bei 250 °C mit den entsprechenden Werten der erfindungsgemäßen Legierung, erkennt man deutlich die Beibehaltung der sehr guten mechanischen Eigenschaften bei der erfindungsgemäßen Legierung. Im Gegensatz dazu zeigt die Referenzlegierung bei 250 °C bereits eine deutliche Reduzierung der Dehngrenze sowie der Zugfestigkeit.

10 Neben der Warmfestigkeit bis zu Temperaturen von 400 °C, weist die erfindungsgemäße Legierung eine sehr gute Schweißbarkeit auf. Sie hat ein ausgezeichnetes Gießverhalten und ist mit den üblichen Gussverfahren (Druckguss, Sandguss, Kokillenguss, Thixocasting, Rheocasting oder Derivate dieser Verfahren) herstellbar.

15 Bevorzugt wird die erfindungsgemäße Legierung für thermisch hochbelastete Gussteile verwendet. Dies sind beispielsweise Zylinderköpfe, Kurbelgehäuse, Komponenten für Klimaanlage, Flugzeugstrukturbauteile, insbesondere für Überschallflugzeuge, Triebwerksegmente, Pylone, welche hochbelastete Verbindungsbauteile zwischen Triebwerk und Flügel sind, und dergleichen.

20

Tabelle 2: Mechanische Eigenschaften

Legierung	Gießform	Wärmebehandlung	Mechanische Eigenschaften		
			Rp0.2 [MPa]	Rm [MPa]	A5 [%]
1	Diez	Gusszustand	105	229	13,8
1	Diez	300 °C/3h	200	272	8,6
1	Diez	300 °C/3h & 200 °C/500h	196	270	8,4
1	Diez	300 °C/3h & 250 °C/500h	202	279	8,1
1	Diez	300 °C/3h & 350 °C/500h	149	241	11,5
1	Diez	300 °C/3h & 400 °C/500h	105	201	13,5
2	Diez	Gusszustand	124	202	3,9
2	Diez	300 °C/3h	274	315	2,7
2	Diez	300 °C/3h & 200 °C/500h	253	295	1,9
2	Diez	300 °C/3h & 250 °C/500h	236	285	3
3	Diez	Gusszustand	100	240	8,1
3	Diez	300 °C/3h	207	290	4
3	Diez	300 °C/3h & 200 °C/500h	215	296	3,8
3	Diez	300 °C/3h & 250 °C/500h	212	294	3,6
3	Diez	300 °C/3h & 350 °C/500h	178	278	5,7
3	Diez	300 °C/3h & 400 °C/500h	135	245	11,4
4	Druckguß	Gusszustand	194	335	15,8
4	Druckguß	300 °C/1h	247	349	9,9
5 (Referenz)	Diez	540 °C/12h/w/165 °C/6h	184	270	13,8
5 (Referenz)	Diez	& 200 °C/500h	161	226	14,1
5 (Referenz)	Diez	& 250 °C/500h	87	180	17,7

### Patentansprüche

1. Aluminium-Gusslegierung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Legierung  
5 zumindest aus

1,0 – 8,0 Gew.-% Magnesium (Mg),

> 1,0 – 4,0 Gew.-% Silizium (Si),

0,01 – < 0,5 Gew.-% Scandium (Sc),

0,005 – 0,2 Gew.-% Titan (Ti),

0 – 0,5 Gew.-% eines Elementes oder einer Elementengruppe ausge-  
wählt aus der Gruppe bestehend aus Zirkon (Zr), Hafnium (Hf), Molyb-  
dän (Mo), Terbium (Tb), Niob (Nb), Gadolinium (Gd), Erbium (Er) und  
Vanadium (V),

0 – 0,8 Gew.-% Mangan (Mn),

0 – 0,3 Gew.-% Chrom (Cr),

0 – 1,0 Gew.-% Kupfer (Cu),

0 – 0,1 Gew.-% Zink (Zn),

0 – 0,6 Gew.-% Eisen (Fe),

0 – 0,004 Gew.-% Beryllium (Be)


20 sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,1 Gew.-%  
und insgesamt max. 0,5 Gew.-%.

2. Aluminium-Gusslegierung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
die Legierung 2,0 – 7,0 Gew.-%, insbesondere 3 – 6 Gew.-% Magnesium (Mg)  
25 enthält.

3. Aluminium-Gusslegierung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,  
dass die Legierung 1,1 – 4,0 Gew.-%, insbesondere 1,1 – 3,0 Gew.-% Silizium  
(Si) enthält.


4. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,01 – 0,45 Gew.-%, insbesondere 0,015 – 0,4 Gew.-% Scandium (Sc) enthält.

5 5. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,01 – 0,2 Gew.-%, insbesondere 0,05 – 0,15 Gew.-% Titan (Ti) enthält.

 10 6. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,01 – 0,3 Gew.-%, insbesondere 0,05 – 0,1 Gew.-% Zirkon (Zr) enthält.

15 7. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung mindestens 0,001 Gew.-%, insbesondere mindestens 0,008 Gew.-% Vanadium (V) enthält.

8. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung mindestens 0,001 Gew.-% Gadolinium (Gd) enthält.

 20 9. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,001 – 0,3 Gew.-%, insbesondere 0,0015 – 0,2 Gew.-% Chrom (Cr) enthält.

25 10. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,001 – 1,0 Gew.-%, insbesondere 0,5 – 1,0 Gew.-% Kupfer (Cu) enthält.



11. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,001 – 0,1 Gew.-%, vorzugsweise 0,001 – 0,05 Gew.-% Zink (Zn) enthält.

5 12. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung 0,05 – 0,6 Gew.-%, vorzugsweise 0,05 – 0,2 Gew.-% Eisen (Fe) enthält

10 13. Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Legierung max. 0,15 Gew.-% oder 0,4 – 0,8 Gew.-% Mangan (Mn) enthält.

15 14. Verwendung der Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 bis 13 zum Herstellen von thermisch hochbelasteten Gussteilen, wobei die Gussteile nach dem Gießen bei einer Temperatur von 250 – 400°C wärmebehandelt werden.

20 15. Verwendung der Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 – 13 vorangegangenen Ansprüche zur Herstellung von warmfesten Gussteilen mittels Druckguss, Sandguß, Kokillenguß, Thixocasting, Rheocasting oder Derivate dieser Verfahren.

25 16. Verwendung der Aluminium-Gusslegierung nach einem der Ansprüche 1 – 13 für Zylinderköpfe, Kurbelgehäuse, warmfeste Sicherheitsbauteile, Klimaanlage-komponenten, Flugzeugstrukturbauteile, insbesondere bei Überschallflugzeugen, Triebwerksegmente oder Pylone.

### Zusammenfassung

Aluminium-Gusslegierung, zumindest bestehend aus 1,0 – 8,0 Gew.-% Magnesium (Mg), > 1,0 – 4,0 Gew.-% Silizium (Si), 0,01 – < 0,5 Gew.-% Scandium (Sc),  
5 0,005 – 0,2 Gew.-% Titan (Ti), 0 – 0,5 Gew.-% eines Elementes oder einer Elementengruppe ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Zirkon (Zr), Hafnium (Hf), Molybdän (Mo), Terbium (Tb), Niob (Nb), Gadolinium (Gd), Erbium (Er) und Vanadium (V), 0 – 0,8 Gew.-% Mangan (Mn), 0 – 0,3 Gew.-% Chrom (Cr), 0 – 1,0 Gew.-% Kupfer (Cu), 0 – 0,1 Gew.-% Zink (Zn), 0 – 0,6 Gew.-% Eisen (Fe), 0 –  
10 0,004 Gew.-% Beryllium (Be) sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,1 Gew.-% und insgesamt max. 0,5 Gew.-%.

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**